

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-185275

(P2003-185275A)

(43) 公開日 平成15年7月3日 (2003.7.3)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
F 2 5 B 1/00	3 8 9	F 2 5 B 1/00	3 8 9 A 3 H 0 7 9
F 0 4 F 5/04		F 0 4 F 5/04	B
5/46		5/46	B

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-386376(P2001-386376)

(22) 出願日 平成13年12月19日 (2001. 12. 19)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 野村 哲

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(72) 発明者 酒井 猛

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(74) 代理人 100100022

弁理士 伊藤 洋二 (外2名)

Fターム(参考) 3H079 AA14 AA23 BB01 CC03 DD02

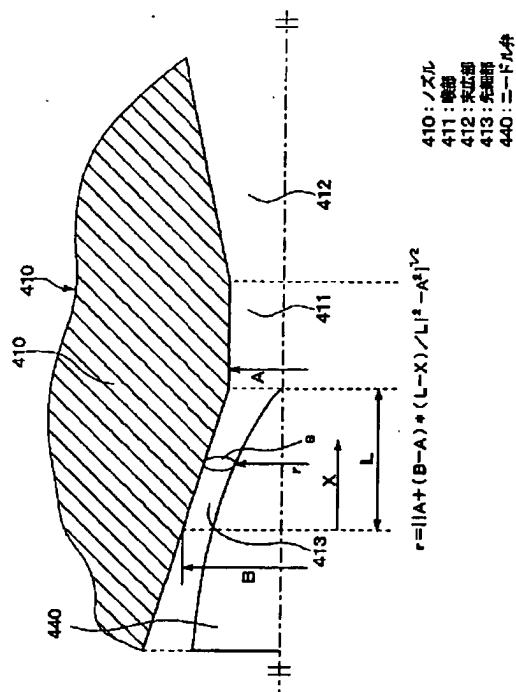
DD03 DD08 DD12 DD16

(54) 【発明の名称】 エジェクタ方式の減圧装置

(57) 【要約】

【課題】 ニードル弁にてノズルの絞り開度を調節するエジェクタにおいて、エジェクタ効率 $\eta_e$ が悪化してしまうことを抑制する。

【解決手段】 「冷媒通路断面積の増減が繰り返されない」ように、ニードル弁440の先端側を釣り鐘状とするとともに、ノズル410側を円錐テーパ状の穴とする。これにより、冷媒を沸騰させて加速させるという末広型のノズル410の機能を効果的に発揮させることができるので、エジェクタ効率 $\eta_e$ が悪化してしまうことを防止できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧縮機にて圧縮された高温高压の冷媒を放冷する放熱器(200)、及び減圧された低温低压の冷媒を蒸発させる蒸発器(300)を有し、低温側の熱を高温側に移動させる蒸気圧縮式冷凍機に適用されるエ

ジェクタ方式の減圧装置であって、前記放熱器(200)から流出した冷媒の圧力エネルギーを速度エネルギーに変換して冷媒を減圧膨張させるとともに、通路途中に通路面積が最も縮小した喉部(411)を有する末広型のノズル(410)と、

前記ノズル(410)から噴射する冷媒と前記蒸発器(300)から吸引した冷媒とを混合させながら速度エネルギーを圧力エネルギーに変換して冷媒の圧力を昇圧させる昇圧部(420、430)と、

前記ノズル(410)内で前記ノズル(410)の軸線方向に変位し、前記ノズル(410)の絞り開度を調節するニードル弁(440)とを備え、

前記喉部(411)の終端部(D)より冷媒流れ上流側において、前記ニードル弁(440)と前記ノズル(410)とによって決定される冷媒の通路断面積の前記軸線方向位置に関する2階微分値が0以上となるように、前記ニードル弁(440)の先端側形状及び前記ノズル(410)の内壁形状が設定されていることを特徴とするエジェクタ方式の減圧装置。

【請求項2】 圧縮機にて圧縮された高温高压の冷媒を放冷する放熱器(200)、及び減圧された低温低压の冷媒を蒸発させる蒸発器(300)を有し、低温側の熱を高温側に移動させる蒸気圧縮式冷凍機に適用されるエ

ジェクタ方式の減圧装置であって、前記放熱器(200)から流出した冷媒の圧力エネルギーを速度エネルギーに変換して冷媒を減圧膨張させるとともに、通路途中に通路面積が最も縮小した喉部(411)を有する末広型のノズル(410)と、

前記ノズル(410)から噴射する冷媒と前記蒸発器(300)から吸引した冷媒とを混合させながら速度エネルギーを圧力エネルギーに変換して冷媒の圧力を昇圧させる昇圧部(420、430)と、

前記ノズル(410)内で前記ノズル(410)の軸線方向に変位し、前記ノズル(410)の絞り開度を調節するニードル弁(440)とを備え、

前記ノズル(410)のうち前記喉部(411)より冷媒流れ上流側の冷媒通路は、前記喉部(411)に近づくほど通路断面積が縮小する円錐テーパ状に形成されており、

さらに、前記ニードル弁(440)は、その先端側における直径寸法(r)の前記軸線方向位置に関する2階微分値が0未満なるように釣り鐘状に形成されていることを特徴とするエジェクタ方式の減圧装置。

【請求項3】 圧縮機にて圧縮された高温高压の冷媒を放冷する放熱器(200)、及び減圧された低温低压の

冷媒を蒸発させる蒸発器(300)を有し、低温側の熱を高温側に移動させる蒸気圧縮式冷凍機に適用されるエジェクタ方式の減圧装置であって、

前記放熱器(200)から流出した冷媒の圧力エネルギーを速度エネルギーに変換して冷媒を減圧膨張させるとともに、通路途中に通路面積が最も縮小した喉部(411)を有する末広型のノズル(410)と、

前記ノズル(410)から噴射する冷媒と前記蒸発器(300)から吸引した冷媒とを混合させながら速度エネルギーを圧力エネルギーに変換して冷媒の圧力を昇圧させる昇圧部(420、430)と、

前記ノズル(410)内で前記ノズル(410)の軸線方向に変位し、前記ノズル(410)の絞り開度を調節するニードル弁(440)とを備え、

前記ノズル(410)のうち前記喉部(411)より冷媒流れ上流側の冷媒通路は、前記喉部(411)に近づくほど通路断面積が縮小する円錐テーパ状に形成されており、

さらに、前記ニードル弁(440)は、先端側における直径寸法(r)の前記軸線方向位置に関する1階微分値が0未満となり、かつ、先端側における直径寸法(r)の前記軸線方向位置に関する3階微分値が0より大きくなるように、先端側に鋭利な突起部(441)が設けられていることを特徴とするエジェクタ方式の減圧装置。

【請求項4】 圧縮機にて圧縮された高温高压の冷媒を放冷する放熱器(200)、及び減圧された低温低压の冷媒を蒸発させる蒸発器(300)を有し、低温側の熱を高温側に移動させる蒸気圧縮式冷凍機に適用されるエ

ジェクタ方式の減圧装置であって、前記放熱器(200)から流出した冷媒の圧力エネルギーを速度エネルギーに変換して冷媒を減圧膨張させるとともに、通路途中に通路面積が最も縮小した喉部(411)を有する末広型のノズル(410)と、

前記ノズル(410)から噴射する冷媒と前記蒸発器(300)から吸引した冷媒とを混合させながら速度エネルギーを圧力エネルギーに変換して冷媒の圧力を昇圧させる昇圧部(420、430)と、

前記ノズル(410)内で前記ノズル(410)の軸線方向に変位し、前記ノズル(410)の絞り開度を調節するニードル弁(440)とを備え、

前記ノズル(410)のうち前記喉部(411)より冷媒流れ上流側における冷媒通路は、直径寸法(R)の前記軸線方向位置に関する1階微分値が0未満となり、かつ、直径寸法(R)の前記軸線方向位置に関する2階微分値が0より大きくなって、前記喉部(411)に向かうほど縮小するように鼓状に形成されており、

さらに、前記ニードル弁(440)は、先端側に向かうほど断面積が縮小するように円錐テーパ状に形成されていることを特徴とするエジェクタ方式の減圧装置。

【請求項5】 前記ノズル(410)の絞り開度を最小

としたときに、前記ニードル弁(440)の先端が、冷媒流れにおいて、前記喉部(411)の終端部(D)以前に位置するように構成されていることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1つに記載のエジェクタ方式の減圧装置。

【請求項6】 圧縮機にて圧縮された高温高压の冷媒を放冷する放熱器(200)、及び減圧された低温低压の冷媒を蒸発させる蒸発器(300)を有し、低温側の熱を高温側に移動させる蒸気圧縮式冷凍機に適用されるエジェクタ方式の減圧装置であって、

前記放熱器(200)から流出した冷媒の圧力エネルギーを速度エネルギーに変換して冷媒を減圧膨張させるとともに、通路途中に通路面積が最も縮小した喉部(411)を有する末広型のノズル(410)と、

前記ノズル(410)から噴射する冷媒と前記蒸発器(300)から吸引した冷媒とを混合させながら速度エネルギーを圧力エネルギーに変換して冷媒の圧力を昇圧させる昇圧部(420、430)と、

前記ノズル(410)内で前記ノズル(410)の軸線方向に変位し、前記ノズル(410)の絞り開度を調節するニードル弁(440)とを備え、

前記ニードル弁(440)と前記ノズル(410)との間の通路断面面積が最小となる位置から下流側に向かって所定長さに渡って、前記通路断面面積が略一定となるように、前記ニードル弁(440)の先端側形状及び前記ノズル(410)の内壁形状が設定されていることを特徴とするエジェクタ方式の減圧装置。

【請求項7】 放熱器(200)内の圧力が冷媒の臨界圧力以上となる蒸気圧縮式冷凍機に、請求項1ないし6のいずれか1つに記載のエジェクタ方式の減圧装置(400)を用いたことを特徴とする蒸気圧縮式冷凍機。

【請求項8】 冷媒として二酸化炭素を用いたことを特徴とする請求項7に記載の蒸気圧縮式冷凍機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧縮機にて圧縮された高温・高压の冷媒を放冷する放熱器、及び減圧された低温・低压の冷媒を蒸発させる蒸発器を有し、低温側の熱を高温側に移動させる蒸気圧縮式冷凍機に適用されるエジェクタ方式の減圧装置、いわゆるエジェクタサイクル用のエジェクタに関するものである。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】エジェクタサイクルは、周知のごとく、エジェクタ内のノズルにて膨張エネルギーを圧力エネルギーに変換して圧縮機の吸入圧を上昇させて圧縮機の消費動力を低減するものであるが、エジェクタにおけるエネルギー変換効率(以下、エジェクタ効率 $\eta_e$ と呼ぶ。)が低下すると、エジェクタにて吸入圧を十分に上昇させることができなくなるので、圧縮機の消費動力を十分に低減できない。

【0003】一方、エジェクタ内のノズルは一種の固定絞りであるので、ノズルに流入する冷媒流量が変動すると、これに呼応してエジェクタ効率 $\eta_e$ も変動してしまう。このため、理想的には、冷媒流量に応じてノズルの絞り開度を可変制御することが望ましい。

【0004】そこで、発明者等は、図10に示すように、ニードル弁440をノズル410内でノズル410の軸線方向に変位させることによりノズル410の絞り開度を調節するエジェクタを検討したが、この検討品では、以下のような問題が発生してしまうことが解った。

【0005】図10の下方側示すグラフは、ノズル410の軸線方向位置Xにおける実質的な冷媒通路断面面積Sの変化を示すもので、このグラフから明らかなように、ニードル弁440の外壁面とノズル410の内壁面とが最も近接する絞り部Bを越えてニードル弁440の先端位置に対応する位置Cまでは、冷媒流れ下流側に向かうほど冷媒通路断面面積Sが増大していくが、ニードル弁440の先端位置に対応する位置Cから喉部の終端部に対応する位置Dまでは、それ以前とは逆に、冷媒通路断面面積Sが縮小している。そして、喉部411の終端部D以降はノズル410の末広部412であるので、末広形状に沿って冷媒通路断面面積が増大していく。

【0006】ところで、通路途中に通路面積が最も縮小した喉部411を有する末広型のノズル(divergent Nozzle、de Laval Nozzle)は、周知のごとく、喉部411以前の先細部413で流体流れを絞って流体を加速し、喉部411以降の末広部412で流体を沸騰させることにより音速以上まで流体を加速するものであるため、図10のグラフに示されるように、末広部412以前、つまり喉部411の終端部D以前において、冷媒通路断面面積Sの増減が繰り返されると、冷媒を沸騰させて加速させるという末広型ノズルの機能が阻害されてしまい、エジェクタ効率 $\eta_e$ が悪化してしまう。

【0007】本発明は、上記点に鑑み、ニードル弁にてノズルの絞り開度を調節するエジェクタにおいて、エジェクタ効率 $\eta_e$ が悪化してしまうことを抑制することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、請求項1に記載の発明では、圧縮機にて圧縮された高温高压の冷媒を放冷する放熱器(200)、及び減圧された低温低压の冷媒を蒸発させる蒸発器(300)を有し、低温側の熱を高温側に移動させる蒸気圧縮式冷凍機に適用されるエジェクタ方式の減圧装置であって、放熱器(200)から流出した冷媒の圧力エネルギーを速度エネルギーに変換して冷媒を減圧膨張させるとともに、通路途中に通路面積が最も縮小した喉部(411)を有する末広型のノズル(410)と、ノズル(410)から噴射する冷媒と蒸発器(300)か

ら吸引した冷媒とを混合させながら速度エネルギーを圧力エネルギーに変換して冷媒の圧力を昇圧させる昇圧部(420、430)と、ノズル(410)内でノズル(410)の軸線方向に変位し、ノズル(410)の絞り開度を調節するニードル弁(440)とを備え、喉部(411)の終端部(D)より冷媒流れ上流側において、ニードル弁(440)とノズル(410)とによって決定される冷媒の通路断面の軸線方向位置に関する2階微分値が0以上となるように、ニードル弁(440)の先端側形状及びノズル(410)の内壁形状が設定されていることを特徴とする。

【0009】これにより、後述する図4に示されるように、「冷媒通路断面の増減が繰り返されない」ようになるので、冷媒を沸騰させて加速させるという末広型のノズル(410)の機能を効果的に発揮させることができ、エジェクタ効率 $\eta_e$ が悪化してしまうことを防止できる。

【0010】請求項2に記載の発明では、圧縮機にて圧縮された高温高压の冷媒を放冷する放熱器(200)、及び減圧された低温低压の冷媒を蒸発させる蒸発器(300)を有し、低温側の熱を高温側に移動させる蒸気圧縮式冷凍機に適用されるエジェクタ方式の減圧装置であって、放熱器(200)から流出した冷媒の圧力エネルギーを速度エネルギーに変換して冷媒を減圧膨張させるとともに、通路途中に通路面積が最も縮小した喉部(411)を有する末広型のノズル(410)と、ノズル(410)から噴射する冷媒と蒸発器(300)から吸引した冷媒とを混合させながら速度エネルギーを圧力エネルギーに変換して冷媒の圧力を昇圧させる昇圧部(420、430)と、ノズル(410)内でノズル(410)の軸線方向に変位し、ノズル(410)の絞り開度を調節するニードル弁(440)とを備え、ノズル(410)のうち喉部(411)より冷媒流れ上流側の冷媒通路は、喉部(411)に近づくほど通路断面が縮小する円錐テーパ状に形成されており、さらに、ニードル弁(440)は、その先端側における直径寸法( $r$ )の軸線方向位置に関する2階微分値が0未満となるように釣り鐘状に形成されていることを特徴とする。

【0011】これにより、「冷媒通路断面の増減が繰り返されない」ようになるので、冷媒を沸騰させて加速させるという末広型のノズル(410)の機能を効果的に発揮させることができ、エジェクタ効率 $\eta_e$ が悪化してしまうことを防止できる。

【0012】請求項3に記載の発明では、圧縮機にて圧縮された高温高压の冷媒を放冷する放熱器(200)、及び減圧された低温低压の冷媒を蒸発させる蒸発器(300)を有し、低温側の熱を高温側に移動させる蒸気圧縮式冷凍機に適用されるエジェクタ方式の減圧装置であって、放熱器(200)から流出した冷媒の圧力エネルギーを速度エネルギーに変換して冷媒を減圧膨張させる

とともに、通路途中に通路面積が最も縮小した喉部(411)を有する末広型のノズル(410)と、ノズル(410)から噴射する冷媒と蒸発器(300)から吸引した冷媒とを混合させながら速度エネルギーを圧力エネルギーに変換して冷媒の圧力を昇圧させる昇圧部(420、430)と、ノズル(410)内でノズル(410)の軸線方向に変位し、ノズル(410)の絞り開度を調節するニードル弁(440)とを備え、ノズル(410)のうち喉部(411)より冷媒流れ上流側の冷媒通路は、喉部(411)に近づくほど通路断面が縮小する円錐テーパ状に形成されており、さらに、ニードル弁(440)は、先端側における直径寸法( $r$ )の軸線方向位置に関する1階微分値が0未満となり、かつ、先端側における直径寸法( $r$ )の軸線方向位置に関する3階微分値が0より大きくなるように、先端側に鋭利な突起部(441)が設けられていることを特徴とする。

【0013】これにより、「冷媒通路断面の増減が繰り返されない」ようになるので、冷媒を沸騰させて加速させるという末広型のノズル(410)の機能を効果的に発揮させることができ、エジェクタ効率 $\eta_e$ が悪化してしまうことを防止できる。

【0014】ところで、請求項2に記載の発明では、釣り鐘状に形成していたので、ニードル弁(440)の表面及びその近傍を流れる冷媒の流線が、ニードル弁(440)の先端以降において衝突するので、ニードル弁(440)以降において、冷媒流れに乱れが発生するおそれが高い。

【0015】これに対して、本発明では、ニードル弁(440)の先端側を、先端側における直径寸法( $r$ )の軸線方向位置に関する1階微分値が0未満となり、かつ、先端側における直径寸法 $r$ の軸線方向位置 $X$ に関する3階微分値が0より大きくなるように、ニードル弁(440)の先端側に鋭利な突起部(441)を形成しているので、ニードル弁(440)の表面及びその近傍を流れる冷媒の流線が、ニードル弁(440)の先端以降で滑らかに合流する。

【0016】したがって、ニードル弁(440)以降において、冷媒流れに乱れが発生することを抑制できるので、エジェクタ効率 $\eta_e$ が悪化してしまうことを確実に防止できる。

【0017】請求項4に記載の発明では、圧縮機にて圧縮された高温高压の冷媒を放冷する放熱器(200)、及び減圧された低温低压の冷媒を蒸発させる蒸発器(300)を有し、低温側の熱を高温側に移動させる蒸気圧縮式冷凍機に適用されるエジェクタ方式の減圧装置であって、放熱器(200)から流出した冷媒の圧力エネルギーを速度エネルギーに変換して冷媒を減圧膨張させるとともに、通路途中に通路面積が最も縮小した喉部(411)を有する末広型のノズル(410)と、ノズル(410)から噴射する冷媒と蒸発器(300)から吸

引した冷媒とを混合させながら速度エネルギーを圧力エネルギーに変換して冷媒の圧力を昇圧させる昇圧部(420、430)と、ノズル(410)内でノズル(410)の軸線方向に変位し、ノズル(410)の絞り開度を調節するニードル弁(440)とを備え、ノズル(410)のうち喉部(411)より冷媒流れ上流側における冷媒通路は、直径寸法(R)の軸線方向位置に関する1階微分値が0未満となり、かつ、直径寸法(R)の軸線方向位置に関する2階微分値が0より大きくなって、喉部(411)に向かうほど縮小するように鼓状に形成されており、さらに、ニードル弁(440)は、先端側に向かうほど断面積が縮小するように円錐テーパ状に形成されていることを特徴とする。

【0018】これにより、「冷媒通路断面積の増減が繰り返されない」ようになるので、冷媒を沸騰させて加速させるという末広型のノズル(410)の機能を効果的に発揮させることができ、エジェクタ効率 $\eta_e$ が悪化してしまうことを防止できる。

【0019】請求項5に記載の発明では、ノズル(410)の絞り開度を最小としたときに、ニードル弁(440)の先端が、冷媒流れにおいて、喉部(411)の終端部(D)以前に位置するように構成されていることを特徴とする。

【0020】これにより、喉部411以降で冷媒流れがニードル弁(440)にて乱されることを防止できるので、エジェクタ効率 $\eta_e$ が悪化してしまうことを確実に防止できる。

【0021】請求項6に記載の発明では、圧縮機にて圧縮された高温高压の冷媒を放冷する放熱器(200)、及び減圧された低温低圧の冷媒を蒸発させる蒸発器(300)を有し、低温側の熱を高温側に移動させる蒸気圧縮式冷凍機に適用されるエジェクタ方式の減圧装置であって、放熱器(200)から流出した冷媒の圧力エネルギーを速度エネルギーに変換して冷媒を減圧膨張させるとともに、通路途中に通路面積が最も縮小した喉部(411)を有する末広型のノズル(410)と、ノズル(410)から噴射する冷媒と蒸発器(300)から吸引した冷媒とを混合させながら速度エネルギーを圧力エネルギーに変換して冷媒の圧力を昇圧させる昇圧部(420、430)と、ノズル(410)内でノズル(410)の軸線方向に変位し、ノズル(410)の絞り開度を調節するニードル弁(440)とを備え、ニードル弁(440)とノズル(410)との間の通路断面積が最小となる位置から下流側に向かって所定長さに渡って、前記通路断面積が略一定となるように、ニードル弁(440)の先端側形状及びノズル(410)の内壁形状が設定されていることを特徴とする。

【0022】これにより、「冷媒通路断面積の増減が繰り返す」エジェクタに比べて、エジェクタ効率 $\eta_e$ が悪化してしまうことを確実に防止できる。

【0023】請求項7に記載の発明では、放熱器(200)内の圧力が冷媒の臨界圧力以上となる蒸気圧縮式冷凍機に、請求項1ないし6のいずれか1つに記載のエジェクタ方式の減圧装置(400)を用いたことを特徴とする。

【0024】これにより、蒸気圧縮式冷凍機の成績係数を向上させることができる。

【0025】なお、請求項8に記載の発明のごとく、冷媒として二酸化炭素を用いてもよい。

【0026】図みに、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

【0027】

【発明の実施の形態】(第1実施形態)本実施形態は、本発明に係るエジェクタ方式の減圧装置、すなわちエジェクタサイクル用のエジェクタを給湯器用のヒートポンプサイクルに適用したもので、図1は本実施形態に係る給湯器用のヒートポンプサイクルの模式図である。

【0028】圧縮機100は冷媒を吸入圧縮するものであり、放熱器200は圧縮機100から吐出した冷媒と給湯水とを熱交換して給湯水を加熱することにより冷媒を冷却する高压側熱交換器である。

【0029】なお、圧縮機100は電動モータ(図示せず。)により駆動されており、放熱器200の加熱能力を大きくするときには、圧縮機100の回転数を増大させて圧縮機100から吐出する冷媒の流量を増大させ、一方、加熱能力を小さくするときには、圧縮機100の回転数を低下させて圧縮機100から吐出する冷媒の流量を減少させる。

【0030】図みに、本実施形態では、冷媒としてフロンを用いているので、放熱器200内の冷媒圧力は冷媒の臨界圧力以下であり、放熱器200にて冷媒が凝縮するが、勿論、冷媒として二酸化炭素を用いてもよい。なお、冷媒として二酸化炭素を用いた場合は、放熱器200内の冷媒圧力は冷媒の臨界圧力以上となり、かつ、放熱器200内で冷媒が凝縮することなく、冷媒入口側から冷媒出口側に向かうほど冷媒温度が低下するような温度分布を有する。

【0031】蒸発器300は室外空気と液相冷媒とを熱交換させて液相冷媒を蒸発させることにより冷媒を蒸発させて室外空気から吸熱する低压側熱交換器であり、エジェクタ400は冷媒を減圧膨張させて蒸発器300にて蒸発した気相冷媒を吸引するとともに、膨張エネルギーを圧力エネルギーに変換して圧縮機100の吸入圧を上昇させるものである。なお、エジェクタ400の詳細は、後述する。

【0032】また、気液分離器500はエジェクタ400から流出した冷媒が流入するとともに、その流入した冷媒を気相冷媒と液相冷媒とに分離して冷媒を蓄える気液分離手段であり、気液分離器500のうち気相冷媒流

出口は圧縮機100の吸引側に接続され、液相流出口は蒸発器300側の流入側に接続される。

【0033】なお、エジェクタサイクル全体のマクロ的作動は、周知のエジェクタサイクルと同じであるので、本実施形態では、エジェクタサイクル全体のマクロ的作動の説明は省略する。

【0034】次に、図2に基づいてエジェクタ400の構造について述べる。

【0035】エジェクタ400は、流入する高压冷媒の圧力エネルギーを速度エネルギーに変換して冷媒を減圧膨張させるノズル410、ノズル410から噴射する高い速度の冷媒流により蒸発器300にて蒸発した気相冷媒を吸引しながら、ノズル410から噴射する冷媒流とを混合する混合部420、及びノズル410から噴射する冷媒と蒸発器300から吸引した冷媒とを混合させながら速度エネルギーを圧力エネルギーに変換して冷媒の圧力を昇圧させるディフューザ430等からなるものである。

【0036】なお、混合部420においては、ノズル410から噴射する冷媒流の運動量と、蒸発器300からエジェクタ400に吸引される冷媒流の運動量との和が保存されるように混合するので、混合部420においても冷媒の静圧が上昇する。一方、ディフューザ430においては、通路断面積を徐々に拡大することにより、冷媒の動圧を静圧に変換するので、エジェクタ400においては、混合部420及びディフューザ430の両者にて冷媒圧力を昇圧する。そこで、混合部420とディフューザ430とを総称して昇圧部と呼ぶ。

【0037】つまり、理想的なエジェクタ400においては、混合部420で2種類の冷媒流の運動量の和が保存されるように冷媒圧力が増大し、ディフューザ430でエネルギーが保存されるように冷媒圧力が増大することがぞましい。

【0038】また、ノズル410は、通路途中で通路断面積が最も縮小した喉部411を有する末広型のノズルであり、ノズル410の絞り開度は、ノズル410内でニードル弁440をアクチュエータ450によりノズル410の軸線方向に変位させることによって行う。

【0039】そして、本実施形態では、図3に示すように、喉部411の終端部Dより冷媒流れ上流側において、ニードル弁440とノズル410とによって決定される冷媒の通路断面積の軸線方向位置に関する2階微分値が0以上となるように、ニードル弁440の先端側形状及びノズル410の内壁形状を設定することにより、ニードル弁440の外壁面とノズル410の内壁面とが最も近接する絞り部B以降において、冷媒通路断面積の増減が繰り返されないようにしている。

【0040】ここで、「通路断面積の軸線方向位置に関する2階微分値が0以上とする」ことが、「絞り部B以降において、冷媒通路断面積の増減が繰り返されない」

ことを意味することを説明しておく。なお、軸線方向は、冷媒流れ下流側、つまりノズル410の出口側に向かう向きを正の向きとし、絞り部Bを基準として正の向きの軸線方向位置をXと表す。

【0041】図4(a)のグラフを、「冷媒通路断面積Sの増減が繰り返されない」理想的な冷媒通路断面積Sと軸方向位置Xとの関係を示す関数 $f(X)$ としたとき、これを1階微分すると、図4(b)に示すグラフとなる。したがって、図4(b)から明らかのように、関数 $f(X)$ の2階微分値が0以上であれば、関数 $f(X)$ は「冷媒通路断面積Sの増減が繰り返されない」理想的な冷媒通路断面積Sと軸方向位置Xとの関係を示すこととなる。

【0042】なお、実際の関数 $f(X)$ は、図3から明らかのように、1階微分関数 $df(X)/dX$ が不連続となる点Cが存在するが、この不連続になる点Cは無視する。

【0043】そして、本実施形態では、「冷媒通路断面積Sの増減が繰り返されない」ように具体的な構成として、図5に示すような、ニードル弁440の先端側形状及びノズル410の内壁形状を設定している。

【0044】すなわち、ノズル410のうち喉部411より冷媒流れ上流側の冷媒通路を、喉部411に近づくほど通路断面積が縮小する円錐テーパ状に形成するとともにニードル弁440の先端側形状を、その先端側における直径寸法 $r$ の軸線方向位置Xに関する2階微分値が0未満なるように、つまり先端側に向かうほど直径寸法 $r$ の変化率が小さくなってニードル弁440の外形接線が軸線に対して直角に近づくような釣鐘状に形成している。

【0045】因みに、本実施形態では、直径寸法 $r$ は、以下の数式となる。

【0046】

【数1】

$$r = \{ \{ A + (B - A) \times (L - X) / L \}^2 - A^2 \}^{1/2}$$
また、本実施形態では、図6に示すように、ノズル410の絞り開度を最小としたときに、ニードル弁440の先端が、冷媒流れにおいて喉部411の終端部D以前に位置するように、喉部411の軸方向寸法が設定されている。

【0047】次に、本実施形態の特徴を述べる。

【0048】本実施形態は、前述のごとく、「冷媒通路断面積Sの増減が繰り返されない」ようにニードル弁440の先端側形状及びノズル410の内壁形状を設定しているので、冷媒を沸騰させて加速させるという末広型ノズル410の機能を効果的に発揮させることができ、エジェクタ効率 $\eta_e$ が悪化してしまうことを防止できる。

【0049】また、ノズル410の絞り開度を最小としたときに、ニードル弁440の先端が、冷媒流れにおい

て喉部411の終端部D以前に位置するように、喉部411の軸方向寸法が設定されているので、喉部411以降の末広部412(図5参照)にて冷媒流れがニードル弁440にて乱されることを防止できる。したがって、末広部412にて冷媒を確実に沸騰させて音速以上まで加速することができるので、エジェクタ効率 $\eta_e$ が悪化してしまうことを確実に防止できる。

【0050】(第2実施形態)本実施形態は、図7に示すように、ノズル410のうち喉部411より冷媒流れ上流側の冷媒通路を、喉部411に近づくほど通路断面10 積が縮小する円錐テーパ状に形成するとともに、ニードル弁440の先端側を、先端側における直径寸法 $r$ の軸線方向位置 $X$ に関する1階微分値が0未満となり、かつ、先端側における直径寸法 $r$ の軸線方向位置 $X$ に関する3階微分値が0より大きくなるように、ニードル弁440の先端側に鋭利な針状の突起部441を形成することにより、「冷媒通路断面積 $S$ の増減が繰り返されない」ようにしたものである。

【0051】次に、本実施形態の特徴を述べる。

【0052】第1実施形態では、ニードル弁440の先端側を、先端側に向かうほど直径寸法 $r$ の変化率が小さ20 くなってニードル弁440の外形接線が軸線に対して直角に近づくような釣り鐘状に形成していたので、ニードル弁440の表面及びその近傍を流れる冷媒の流れが、ニードル弁440の先端以降において衝突するので、ニードル弁440以降において、冷媒流れに乱れが発生するおそれが高い。

【0053】これに対して、本実施形態では、ニードル弁440の先端側を、先端側における直径寸法 $r$ の軸線方向位置 $X$ に関する1階微分値が0未満となり、かつ、30 先端側における直径寸法 $r$ の軸線方向位置 $X$ に関する3階微分値が0より大きくなるように、ニードル弁440の先端側に鋭利な針状の突起部441を形成したので、ニードル弁440の表面及びその近傍を流れる冷媒の流れが、ニードル弁440の先端以降で滑らかに合流する。

【0054】したがって、ニードル弁440以降において、冷媒流れに乱れが発生することを抑制できるので、エジェクタ効率 $\eta_e$ が悪化してしまうことを確実に防止40 できる。

【0055】図みに、図8(a)は直径寸法 $r$ の軸線方向位置 $X$ と関係を示す関数 $f(X)$ であり、図8(b)は関数 $f(X)$ の1階微分関数を示し、図8(c)は関数 $f(X)$ の2階微分関数を示す。これらからも明

らかなように、ニードル弁440の先端側を、先端側における直径寸法 $r$ の軸線方向位置 $X$ に関する1階微分値が0未満となり、かつ、先端側における直径寸法 $r$ の軸線方向位置 $X$ に関する3階微分値が0より大きくなるようにすれば、図7に示すようなニードル弁440を得ることができる。

【0056】(第3実施形態)本実施形態は、図9に示すように、ノズル410のうち喉部411より冷媒流れ上流側における冷媒通路を、直径寸法 $R$ の軸線方向位置 $X$ に関する1階微分値が0未満となり、かつ、直径寸法 $R$ の軸線方向位置 $X$ に関する2階微分値が0より大きくなって、喉部441に向かうほど縮小するように鼓状に形成するとともに、ニードル弁440の先端側を、先端側に向かうほど断面積が縮小するように円錐テーパ状とすることにより、「冷媒通路断面積 $S$ の増減が繰り返されない」ようにしたものである。

【0057】(その他の実施形態)上述の実施形態では、給湯器に本発明を適用したが、本発明はこれに限定されるものではなく、冷蔵庫、冷凍庫及び空調装置等のその他のエジェクタサイクルにも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るエジェクタサイクルの模式図である。

【図2】本発明の実施形態に係るエジェクタの模式図である。

【図3】本発明の第1実施形態に係るノズルの説明図である。

【図4】本発明の第1実施形態に係るノズルの形状を説明するためのグラフである。

【図5】本発明の第1実施形態に係るノズルの拡大図である。

【図6】本発明の第1実施形態に係るノズルの説明図である。

【図7】本発明の第2実施形態に係るノズルの説明図である。

【図8】本発明の第1実施形態に係るノズルの形状を説明するためのグラフである。

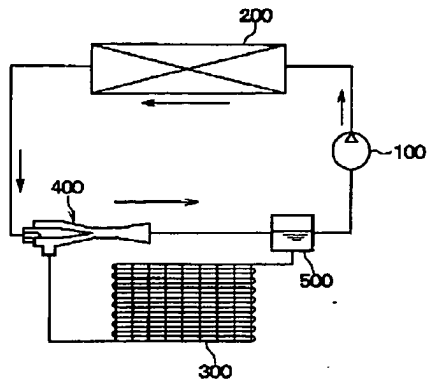
【図9】本発明の第3実施形態に係るノズルの模式図である。

【図10】試作検討に係るノズルの説明図である。

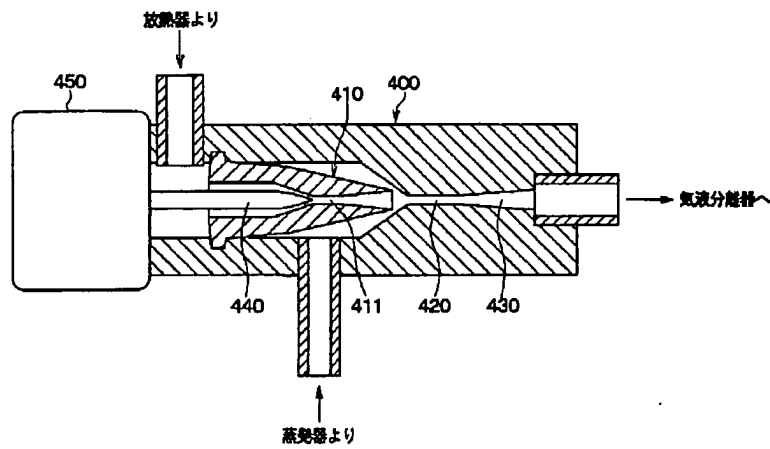
【符号の説明】

410…ノズル、411…喉部、412…末広部、413…先細部、440…ニードル弁。

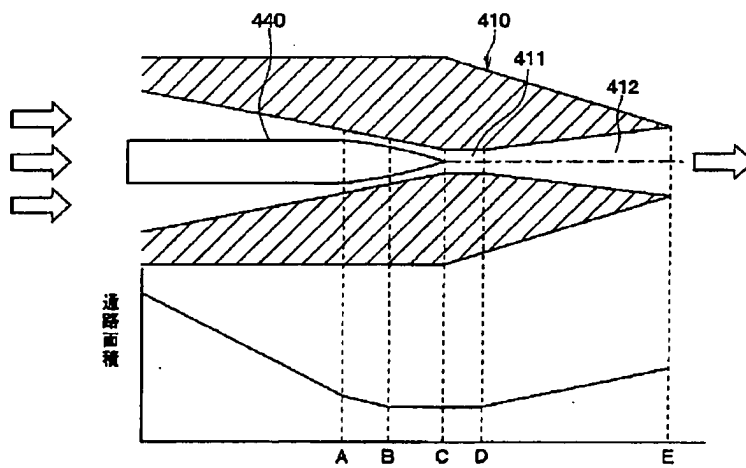
【図1】



【図2】

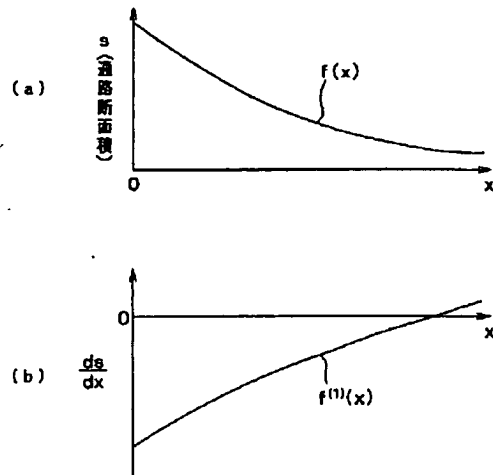


【図3】

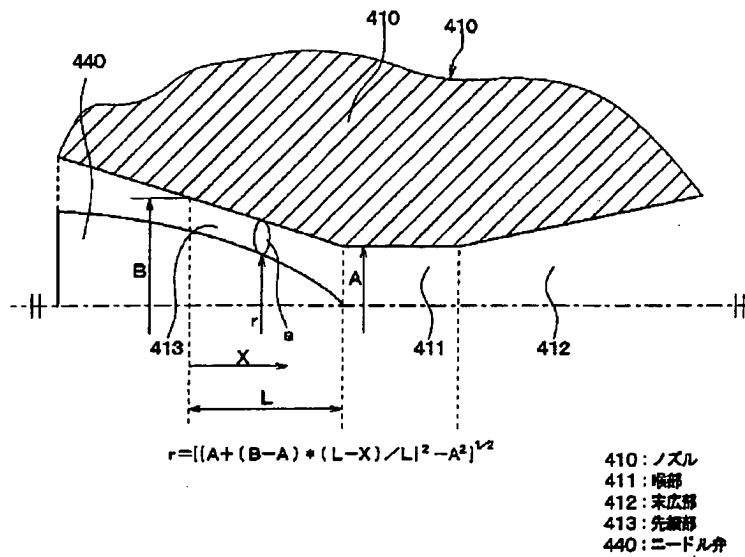




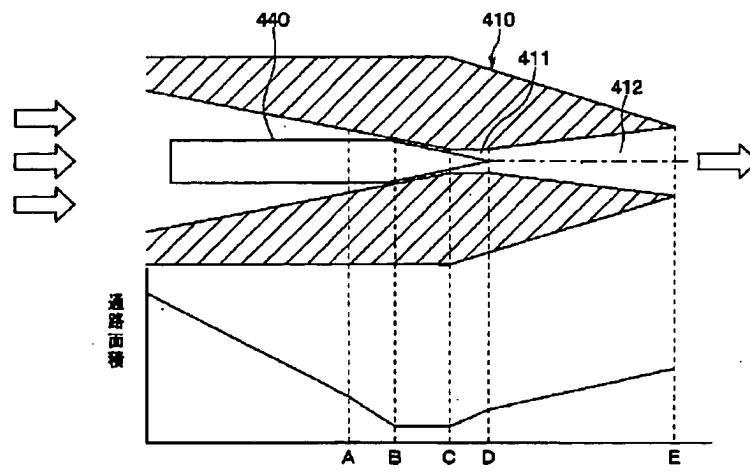
【図4】



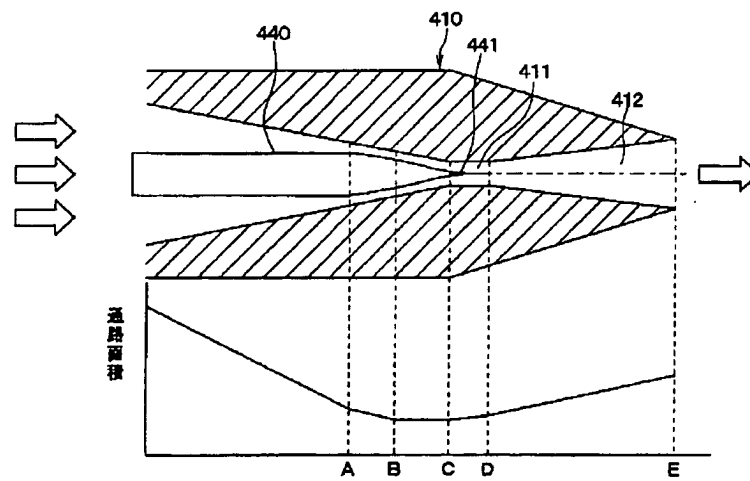
【図5】



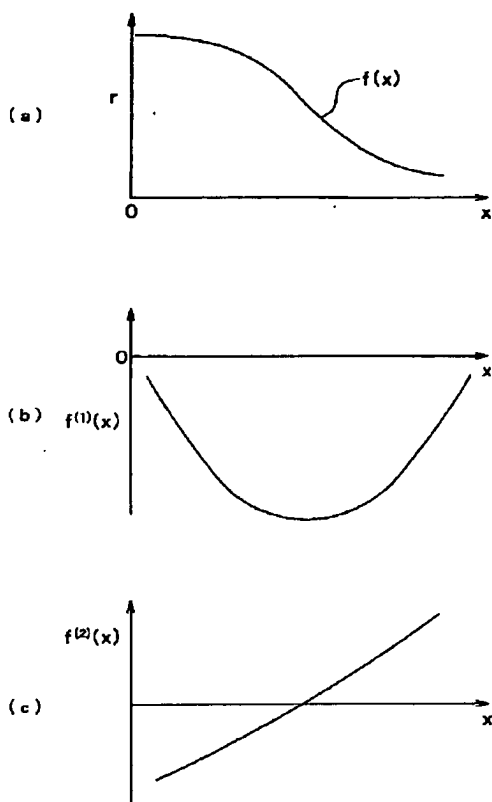
【図6】



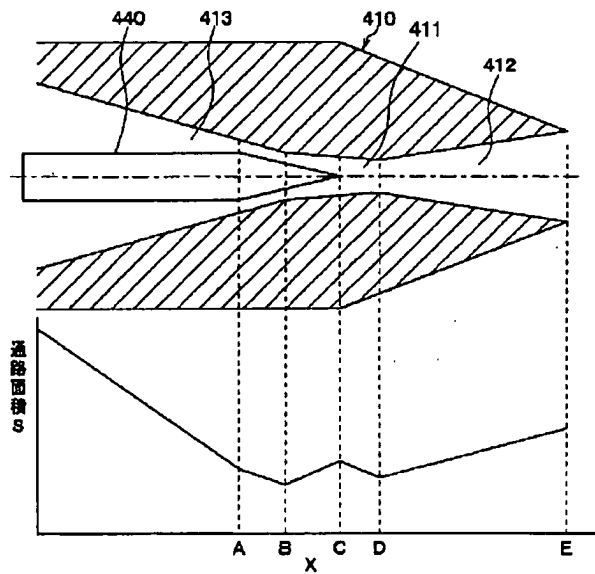
【図7】



【図8】



【図10】



【図9】

